

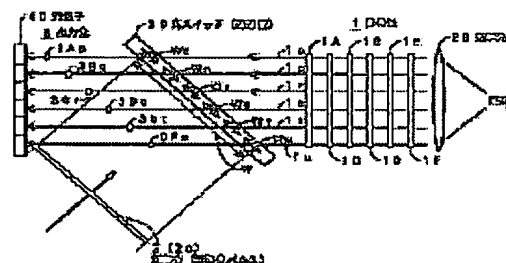
**LIGHT DISTRIBUTING METHOD AND LIGHT DISTRIBUTING DEVICE**

**Patent number:** JP11015031  
**Publication date:** 1999-01-22  
**Inventor:** FURUKI MAKOTO; TATSUURA SATOSHI; FU RYUJUN; SATOU YASUSATO  
**Applicant:** FUJI XEROX CO LTD  
**Classification:**  
- international: G02F1/35; H04J14/00; H04J14/02; H04Q3/52  
- european:  
**Application number:** JP19980009392 19980121  
**Priority number(s):**

**Abstract of JP11015031**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To directly and easily convert the serial signal light of such a high bit rate as to be equal to or higher than 1 Tbits/s into parallel signal lights being spatially one dimensional or two dimensional multiple channels.

**SOLUTION:** Line shaped optical switches 30 are arranged on optical paths of signal lights 1 by inclining its line direction by 45 degrees with respect to the progress direction of the signal lights 1 and control lights 2 synchronized with the signal lights 1 are made vertically incident on the optical switches 30. The optical switches 30 are made to transmit the signal lights 1 with transmissivities of not lower than a prescribed value only at the moment the control lights 2 are irradiated. As a result, respective spatial position parts 1p, 1q, 1r, 1s, 1t, 1u of respective signal pulses 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F are cut out as respective output light pulses 3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, 3Fu from areas Wp, Wq, Wr, Ws, Wt, Wu of the optical switches 30. A phase conjugate light generating device can be also used instead of the optical switches 30 and, in this case, intensities of output lights can be made larger.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-15031

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/35

G 0 2 F 1/35

H 0 4 J 14/00

H 0 4 Q 3/52

Z

14/02

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 Q 3/52

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平10-9392

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月21日

(31) 優先権主張番号 特願平9-114059

(32) 優先日 平9(1997) 5月1日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 古木 真

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 辰浦 智

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 夫 龍淳

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 正美

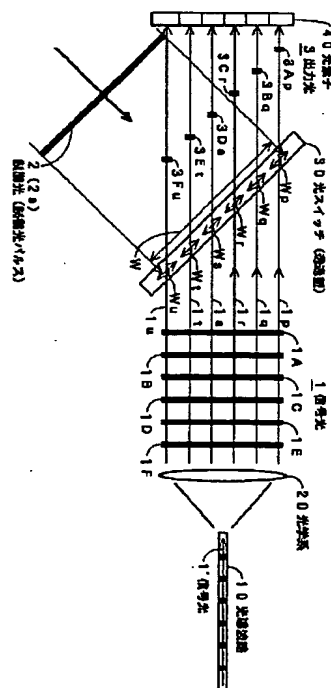
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光分配方法および光分配装置

(57) 【要約】

【課題】 1 T b i t / s 以上というような高ビットレート of シリアル信号光を直接かつ容易に、空間的に1次元または2次元の多チャンネルの平行信号光に変換できるようにする。

【解決手段】 ライン状の光スイッチ30を信号光1の進行方向に対して45°傾けて信号光1の光路上に配置し、信号光1に同期した制御光2を光スイッチ30に垂直に入射させる。光スイッチ30は、制御光2が照射された瞬間だけ信号光1を所定値以上の透過率で透過させるものとする。これによって、光スイッチ30の領域Wp, Wq, Wr, Ws, Wt, Wuから、それぞれ信号光パルス1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fの、それぞれ空間位置部分1p, 1q, 1r, 1s, 1t, 1uを、それぞれ出力光パルス3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, 3Fuとして切り出す。光スイッチ30に代えて位相共役光発生デバイスを用いることもでき、その場合には出力光の強度を大きくすることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】一方向に所定幅の広がりをもつ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光の光路上に配置し、その信号光およびこれに同期した制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる光分配方法。

【請求項 2】一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光、またはこれに同期した制御光に対して、2 軸方向の傾きを有するように配置し、前記信号光および制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる光分配方法。

【請求項 3】請求項 1 または 2 の光分配方法において、前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチを用い、前記出力光パルスとして、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分を切り出す光分配方法。

【請求項 4】請求項 3 の光分配方法において、前記制御光を前記光スイッチに垂直に入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を同時にオン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに斜めに入射させる光分配方法。

【請求項 5】請求項 3 の光分配方法において、前記制御光を前記光スイッチに斜めに入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を順次、オン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに垂直に入射させる光分配方法。

【請求項 6】請求項 3 ～ 5 のいずれかの光分配方法において、前記光スイッチは、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の透過率で透過させるものである光分配方法。

【請求項 7】請求項 3 ～ 5 のいずれかの光分配方法において、前記光スイッチは、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の反射率で反射させるものである光分配方法。

【請求項 8】請求項 1 または 2 の光分配方法において、前記光学デバイスとして、前記信号光であるプローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記プローブ光の位相共役光を

発生するものを用いる光分配方法。

【請求項 9】請求項 8 の光分配方法において、前記制御光である第 1 のポンプ光を、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射させるとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡を配置して、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光を、前記反射鏡で反射させて、第 2 のポンプ光として、前記第 1 のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射させ、前記信号光であるプローブ光を、前記第 1 および第 2 のポンプ光と同時に、前記光学デバイスに斜めに入射させる光分配方法。

【請求項 10】請求項 9 の光分配方法において、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板を配置して、前記第 1 および第 2 のポンプ光を互いに偏光方向が直交したものとする光分配方法。

【請求項 11】請求項 10 の光分配方法において、前記光学デバイスから発生した出力光パルスを偏光ビームスプリッタによって取り出す光分配方法。

【請求項 12】請求項 8 ～ 11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスである光分配方法。

【請求項 13】請求項 8 ～ 11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、半導体材料または半導体多重量子井戸である光分配方法。

【請求項 14】請求項 8 ～ 11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜である光分配方法。

【請求項 15】請求項 1 ～ 14 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得る光分配方法。

【請求項 16】請求項 15 の光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得るために、フィルタを用いる光分配方法。

【請求項 17】請求項 1 ～ 16 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、空間光変調器またはその他の光処理素子によって処理する光分配方法。

【請求項 18】請求項 1 ～ 16 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、光検出素子によって検出する光分配方法。

【請求項 19】光パルス列からなる信号光の波面を、進行方向に対して垂直な少なくとも一軸方向に広げる信号光光学系と、

10

20

30

40

50

前記信号光に同期し、かつ進行方向に対して垂直な少なくとも一軸方向に波面が広げられた制御光を発生する制御光発生源と、

一方向に所定幅の広がり有し、前記信号光光学系からの信号光、および前記制御光発生源からの制御光が、互いに交差し、かつそれぞれ前記所定幅に渡って照射されることによって、前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生する光学デバイスと、を備える光分配装置。

【請求項20】光パルス列からなる信号光の波面を、進行方向に対して垂直な面方向に広げる信号光光学系と、前記信号光に同期し、かつ進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光を発生する制御光発生源と、

一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がり有し、前記信号光光学系からの信号光、または前記制御光発生源からの制御光に対して、2軸方向の傾きを有するように配され、前記信号光光学系からの信号光、および前記制御光発生源からの制御光が、互いに交差し、かつそれぞれ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って照射されることによって、前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生する光学デバイスと、を備える光分配装置。

【請求項21】請求項19または20の光分配装置において、前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチが用いられ、前記出力光パルスとして、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が切り出される光分配装置。

【請求項22】請求項21の光分配装置において、前記制御光発生源からの制御光が前記光スイッチに垂直に入射して、前記光スイッチの前記異なる領域が同時にオン状態にされ、前記信号光光学系からの信号光が前記光スイッチに斜めに入射する光分配装置。

【請求項23】請求項21の光分配装置において、前記制御光発生源からの制御光が前記光スイッチに斜めに入射して、前記光スイッチの前記異なる領域が順次、オン状態にされ、前記信号光光学系からの信号光が前記光スイッチに垂直に入射する光分配装置。

【請求項24】請求項21～23のいずれかの光分配装置において、

前記光スイッチは、前記制御光発生源からの制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光光学系からの信号光を所定値以上の透過率で透過させるものである光分配装置。

【請求項25】請求項の21～23のいずれかの光分配

装置において、

前記光スイッチは、前記制御光発生源からの制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光光学系からの信号光を所定値以上の反射率で反射させるものである光分配装置。

【請求項26】請求項19または20の光分配装置において、

前記光学デバイスは、前記信号光であるプローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記プローブ光の位相共役光を発生するものである光分配装置。

【請求項27】請求項26の光分配装置において、前記制御光である第1のポンプ光が、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射するとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡が配置されて、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光が、前記反射鏡で反射して、第2のポンプ光として、前記第1のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射し、前記信号光であるプローブ光が、前記第1および第2のポンプ光と同時に、前記光学デバイスに斜めに入射する光分配装置。

【請求項28】請求項27の光分配装置において、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板が配置されて、前記第1および第2のポンプ光が互いに偏光方向が直交したものとされる光分配装置。

【請求項29】請求項28の光分配装置において、前記光学デバイスから発生した出力光パルスが偏光ビームスプリッタによって取り出される光分配装置。

【請求項30】請求項26～29のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスである光分配装置。

【請求項31】請求項26～29のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、半導体材料または半導体多重量子井戸である光分配装置。

【請求項32】請求項26～29のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜である光分配装置。

【請求項33】請求項19～32のいずれかの光分配装置において、

前記それぞれの出力光パルスが、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得られる光分配装置。

【請求項34】請求項33の光分配装置において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得るための、フィルタを備える光分配装置。

【請求項35】請求項19～34のいずれかの光分配

置において、  
前記それぞれの出力光パルス进行处理する、空間光変調器  
またはその他の光処理素子を備える光分配装置。

【請求項 3 6】請求項 1 9～3 4 のいずれかの光分配装置  
において、  
前記それぞれの出力光パルスを検出する光検出素子を備  
える光分配装置。

【請求項 3 7】制御光が照射されるか否かによって吸収  
係数が変化する機能性材料からなるベース層と、このベ  
ース層上に形成された遮光層とを備え、前記ベース層の  
前記遮光層で覆われていない部分が、互いに独立の複数の  
光シャッタ部として機能する光スイッチ。

【請求項 3 8】基板と、この基板上に形成された、制御  
光が照射されるか否かによって反射率が変化する反射層  
とを備え、その反射層が、互いに独立の複数の実効スイ  
ッチ部として機能する光スイッチ。

【請求項 3 9】プローブ光とポンプ光が同時に照射され  
たときに前記プローブ光の位相共役光を発生する機能性  
材料からなるベース層と、このベース層上に形成された  
遮光層とを備え、前記ベース層の前記遮光層で覆われて  
いない部分が、互いに独立の複数の位相共役光発生部と  
して機能する光学デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】この発明は、光通信システム  
などに用いる光分配（光デマルチプレックス）の方法お  
よび装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】送信側において、多チャンネルの信号光  
を時間的にシリアルな信号光に多重化して、光ファイバ  
伝送路に送出し、受信側において、その多重化されたシ  
リアル信号光を多チャンネルの信号光に分配する光通信  
システムでは、増大する情報量に対応した T b i t / s  
（テラビット／秒）オーダーの超高速の光通信網を実現  
するために、それに対応した光多重（光マルチプレッ  
クス）および光分配（光デマルチプレックス）の方法が研  
究されている。

【0 0 0 3】従来、多重化されたシリアル信号光を多チ  
ャンネルの信号光に分配する方法としては、「O p l  
u s E N o . 1 8 7（1995年6月）」73ペー  
ジ以下に示されているように、信号光の位相を変化させ  
る位相シフト法と、信号光の周波数（波長）を変化させ  
る周波数シフト法とが考えられている。

【0 0 0 4】位相シフト法の代表的なものは、光カー効  
果を利用した 2 光路干渉計を用いるもので、2 光路干渉  
計の一方の光路に挿入した非線形光学媒質の屈折率を、  
多重化されたシリアル信号光に同期した制御光（ゲート  
光）により変化させることによって、制御光パルスが入  
力されない時には、その時の信号光パルスが 2 光路干渉  
計の一方の出力ポートから出力され、制御光パルスが入

力された時には、その時の信号光パルスが 2 光路干渉計  
の他方の出力ポートから出力される。

【0 0 0 5】周波数シフト法は、非線形光学媒質中で制  
御光によって、多重化されたシリアル信号光の周波数  
（波長）をチャンネルごとに変化させ、その変化した信  
号光から波長分離素子によって、各チャンネルの信号光  
を空間的に分離する。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述し  
た位相シフト法は、時間的に制御光パルスと一致した信  
号光パルスと一致しない信号光パルスを空間的に分離  
するため、原理的に一度に 2 つの出力しか得られず、多  
チャンネルの信号光パルスを分離して得るには、上記の  
2 光路干渉計を多段（チャンネル数を N とすると、（N  
－ 1）段）に渡って設けるとともに、各段の 2 光路干渉  
計に対して信号光および制御光を、その方向を変え、一  
方は異なる時間遅延させて、入射させなければならず、  
光学系が著しく複雑になって、チャンネル数が多くなる  
ほど対応が困難になるとともに、各段の信号光または制  
御光の間に正確な時間差を持たせるために非常に高度な  
プロセス技術が必要となる。

【0 0 0 7】また、上述した周波数シフト法は、非線形  
光学媒質において一度に信号光をチャンネルごとに異な  
る周波数（波長）に変換することにより複数のチャンネル  
の出力光を一括して得ることができるが、實際上、チャ  
ンネル数の増加に伴って、一度に信号光をチャンネルご  
とに異なる周波数に変換するのが困難になるため、上述  
した位相シフト法と同様の問題がある。

【0 0 0 8】さらに、上述したのは、時間軸方向にしか  
情報を持たないという意味で、時間的にシリアルで、空  
間的にはゼロ次元の信号光を、空間的に 1 次元の出力光  
に変換する場合であるが、同様の信号光を、空間的に 2  
次元の出力光に変換する必要性ないし要求も考えられ  
る。

【0 0 0 9】例えば、画像情報の光伝送で、送信側で、  
m × n 画素についてのパラレル 2 次元画像情報を、シ  
リアル信号光に多重化して送信し、受信側で、その多重化  
されたシリアル信号光を、一軸方向には m チャンネル  
で、これと直交する他の一軸方向には n チャンネルの、  
空間的に 2 次元のパラレル信号光に分離すれば、m × n  
画素についてのパラレル 2 次元画像情報を、2 次元パラ  
レル性を維持したまま、2 次元空間光変調器や 2 次元 C  
C D アレイなどによって直接、処理または検出すること  
が可能となる。

【0 0 1 0】しかしながら、従来の位相シフト法や周波  
数シフト法では、このように多重化されたシリアル信号  
光を空間的に 2 次元のパラレル信号光に変換するのは、  
上述した空間的に 1 次元のパラレル信号光に変換する場  
合よりも、さらに一層、困難となる。

【0 0 1 1】そこで、この発明は、1 T b i t / s 以上

というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に1次元または2次元の多チャンネルの平行信号光に変換することができるようにしたものである。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の光分配方法では、一方向に所定幅の広がりを持つ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光の光路上に配置し、その信号光およびこれに同期した制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる。

【0013】この場合、請求項3の発明のように、前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチを用いて、前記出力光パルスとして、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分を切り出すことができる。

【0014】さらに、この場合、請求項4の発明のように、前記制御光を前記光スイッチに垂直に入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を同時にオン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに斜めに入射させる方法とし、または請求項5の発明のように、前記制御光を前記光スイッチに斜めに入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を順次、オン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに垂直に入射させる方法とすることができる。

【0015】さらに、この場合、請求項6の発明のように、前記光スイッチを、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の透過率で透過させるものとし、または請求項7の発明のように、前記光スイッチを、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の反射率で反射させるものとすることができる。

【0016】あるいはまた、請求項8の発明のように、前記光学デバイスとして、前記信号光であるプローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記プローブ光の位相共役光を発生するものを用いることができる。

【0017】さらに、この場合、請求項9の発明のように、前記制御光である第1のポンプ光を、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射させるとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡を配置して、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光を、前記反射鏡で反射させて、第2のポンプ光として、前記第1のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射させ、前記信号光であるプローブ光を、前記第1および第2のポンプ光と同時に、前

記光学デバイスに斜めに入射させる方法とすることができる。

【0018】さらに、この場合、請求項10の発明のように、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板を配置して、前記第1および第2のポンプ光を互いに偏光方向が直交したものとするることができる。

【0019】請求項2の発明の光分配方法では、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりを持つ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光、またはこれに同期した制御光に対して、2軸方向の傾きを有するように配置し、前記信号光および制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる。

【0020】この場合、請求項1の発明の光分配方法と同様に、前記光学デバイスとして、光スイッチを用い、または位相共役光を発生するデバイスを用いることができる。

#### 【0021】

【作用】上記の方法による請求項1の発明の光分配方法においては、信号光と制御光の交差角および同期関係を規定することによって、制御光が光学デバイスの所定幅内の各領域を同時または順次に照射して、各領域を同時または順次にオン状態または位相共役光発生可能状態にし、その時点で、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が、そのオン状態または位相共役光発生可能状態とされた領域に入射するようになる。

【0022】したがって、光学デバイスの所定幅内の異なる領域から、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が出力光パルスとして切り出され、または信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスが位相共役光として発生する。したがって、多重化されたシリアル信号光が、空間的に1次元の平行信号光に変換されることになる。

【0023】この場合、例えば、シリアル信号光のビットレートが1 G b i t / s (ギガビット/秒) のときには、信号光パルスの時間間隔(パルス間隔)が1 n s (ナノ秒) となり、空間的な距離間隔が30 c m となると、上記の方法は、デバイスとして非現実的な巨大なものとなる。

【0024】しかし、例えば、シリアル信号光のビットレートが1 T b i t / s であれば、信号光パルスの時間間隔は1 p s (ピコ秒) となり、空間的な距離間隔は300 μ m = 0.03 c m となる。したがって、例えば、信号光を光学デバイスに対して45度の角度で入射させ、制御光を光学デバイスに垂直に入射させる場合には、光学デバイスの所定幅内の出力光パルスを発生する

べき各領域の空間的な距離間隔は  $424\ \mu\text{m}$  となり、シリアル信号光を  $100$  チャンネルの  $1$  次元パラレル信号光に変換する場合でも、光学デバイスの所定幅は  $4.2\ \text{cm}$  強でよい。

【0025】したがって、請求項 1 の発明の光分配方法によれば、 $1\ \text{Tbit/s}$  以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に  $1$  次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0026】また、光学デバイスとして位相共役光を発生するデバイスを用いる場合には、出力光としての位相共役光の強度を信号光であるプローブ光の強度より大きくすることができるとともに、光学デバイスでの光損失の問題を回避することができるので、出力光の強度を大きくすることができる。

【0027】上記の方法による請求項 2 の発明の光分配方法においては、光学デバイスの信号光または制御光に対する  $2$  軸方向の傾き角、および信号光と制御光の交差角および同期関係を規定することによって、制御光が光学デバイスの一方方向および他方向のそれぞれ所定幅内の各領域を同時または順次に照射して、各領域を同時または順次にオン状態または位相共役光発生可能状態にし、その時点で、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が、そのオン状態または位相共役光発生可能状態とされた領域に入射するようになる。

【0028】したがって、光学デバイスの一方方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が出力光パルスとして切り出され、または信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスが位相共役光として発生する。したがって、多重化されたシリアル信号光が、空間的に  $2$  次元のパラレル信号光に変換されることになる。

【0029】そして、請求項 1 の発明の光分配方法につき、上述したところから明らかなように、例えば、シリアル信号光のビットレートが  $1\ \text{Tbit/s}$  であれば、シリアル信号光を  $100 \times 100$  チャンネルの  $2$  次元パラレル信号光に変換する場合でも、光学デバイスの一方方向および他方向のそれぞれの所定幅は数  $\text{cm}$  程度でよい。

【0030】したがって、請求項 2 の発明の光分配方法によれば、 $1\ \text{Tbit/s}$  以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に  $2$  次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0031】また、請求項 1 の発明の光分配方法と同様に、光学デバイスとして位相共役光を発生するデバイスを用いる場合には、出力光の強度を大きくすることができる。

【0032】

# 【発明の実施の形態】

〔光スイッチを用いる場合の実施形態〕

(透過型光スイッチに制御光を垂直に入射させる場合)

図 1 は、この発明の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示し、透過型の光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0033】光ファイバなどの光導波路  $10$  中に伝送される信号光  $1'$  は、図の場合には  $6$  チャンネルの信号光が時間的にシリアルに多重化された、ビットレートが  $1\ \text{Tbit/s}$ 、パルス時間間隔が  $1\ \text{ps}$  のものである。

【0034】この光導波路  $10$  中を伝送した信号光  $1'$  を、レンズを組み合わせで構成した光学系  $20$  に入射させて、光学系  $20$  の出射光として、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルス  $1A \sim 1F$  の列からなる信号光  $1$  を得る。信号光パルスの時間間隔は  $1\ \text{ps}$  であるので、空間的な距離間隔は  $300\ \mu\text{m}$  となる。

【0035】この信号光  $1$  の光路上に、ライン状の光スイッチ  $30$  を、そのライン方向を信号光  $1$  の進行方向に対して  $45^\circ$  傾けて配置する。光スイッチ  $30$  は、制御光  $2$  が照射されるか否かにより吸収係数(吸光度)が変化し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光  $2$  が照射された瞬間だけ、透過状態として信号光  $1$  を所定値以上の透過率で透過させるものとする。とともに、そのライン方向に所定幅  $W$  の広がりを持つものとし、信号光  $1$  を、その所定幅  $W$  に渡って光スイッチ  $30$  に入射させる。

【0036】光スイッチ  $30$  を信号光  $1$  に対して  $45^\circ$  傾けるので、図のように  $N$  (チャンネル数)  $= 6$  の場合には、所定幅  $W$  は信号光パルスの空間的な距離間隔の  $5$  倍強分のルート  $2$  倍とする。

【0037】光スイッチ  $30$  は、より実際的には、図 12 に示して後述するように選択的に遮光層を設けることによって、所定幅  $W$  内の互いに重なり合わない、図のように  $N = 6$  の場合には  $6$  つの領域  $W_p \sim W_u$  が、互いに独立した光シャッタ部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように光スイッチ  $30$  から切り出される、それぞれの出力光パルス  $3A_p \sim 3F_u$  は、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0038】あるいはまた、信号光  $1$  または後述する制御光  $2$  の光路上に、それぞれの出力光パルス  $3A_p \sim 3F_u$  を、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性や  $\text{SN}$  比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0039】光導波路  $10$  中を伝送した信号光  $1'$  からは、信号光パルス  $1A \sim 1F$  の一組につき一つの制御光パルス  $2a$  からなる、信号光  $1$  に同期した、信号光  $1$  と

同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光 2 を形成する。信号光 1' には、信号光パルス 1 A ~ 1 F の列の始まりを示す情報が挿入され、これから、信号光 1 に対して後述するような時間関係で信号光 1 に同期した制御光 2 を容易に形成することができる。

【0040】この制御光 2 を、その進行方向を光スイッチ 30 のライン方向に対して垂直にして、所定幅 W に渡って光スイッチ 30 に入射させる。図の場合は、制御光 2 を信号光 1 の出射側から光スイッチ 30 に入射させる場合であるが、信号光 1 の入射側から光スイッチ 30 に入射させてもよい。

【0041】後述するように、信号光パルス 1 A が領域 W<sub>p</sub> のみから、信号光パルス 1 B が領域 W<sub>q</sub> のみから、というように、信号光パルス 1 A ~ 1 F が、光スイッチ 30 の対応する領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> のみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光パルス 2 a の時間幅は、信号光 1 の広げられた波面方向の、領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> に対応する空間位置部分 1 p ~ 1 u の、領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> までの光路長の違いによる、領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> への到達時間の差より十分短くする。すなわち、図のように光スイッチ 30 を信号光 1 に対して 45° 傾ける場合には、制御光パルス 2 a の時間幅を信号光パルスの時間間隔より十分短くする。

【0042】例えば、信号光パルスの時間幅が、時間間隔 (1 p s) の 1/10 の 100 f s (フェムト秒) であれば、制御光パルス 2 a の時間幅は、信号光パルスのそれと同程度か、それより若干短くすればよい。

【0043】光スイッチ 30 より前方側の信号光 1 の光路上には、空間光変調器などの光処理素子または CCD アレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子からなる、ライン状ないし 1 次元アレイ状の光素子 40 を、その各画素が信号光 1 の各空間位置部分 1 p ~ 1 u の光路上に位置するように配置する。

【0044】上述した方法ないし装置においては、図 2 (A) に示すように、制御光パルス 2 a が光スイッチ 30 の各領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> を同時に照射し、同時に透過状態にする。そして、図示するように、信号光パルス 1 A ~ 1 F が光スイッチ 30 の対応する領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> に同時に到達する時点で、制御光パルス 2 a が光スイッチ 30 の各領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> に到達するように、制御光 2 を信号光 1 に対して同期させる。

【0045】したがって、制御光パルス 2 a が光スイッチ 30 の各領域 W<sub>p</sub> ~ W<sub>u</sub> に到達した時点で、信号光パルス 1 A の空間位置部分 1 p が領域 W<sub>p</sub> を、信号光パルス 1 B の空間位置部分 1 q が領域 W<sub>q</sub> を、信号光パルス 1 C の空間位置部分 1 r が領域 W<sub>r</sub> を、信号光パルス 1 D の空間位置部分 1 s が領域 W<sub>s</sub> を、信号光パルス 1 E の空間位置部分 1 t が領域 W<sub>t</sub> を、信号光パルス 1 F の空間位置部分 1 u が領域 W<sub>u</sub> を、それぞれ透過して、図 2 (B) に示すように、それぞれ出力光パルス 3 A p, 3 B q, 3 C r, 3 D s, 3 E t, 3 F u として切り出される。

3 B q, 3 C r, 3 D s, 3 E t, 3 F u として切り出される。

【0046】そして、この出力光パルス 3 A p ~ 3 F u が、光素子 40 の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス 1 A ~ 1 F が 1 次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0047】図 1 および図 2 (A) (B) では一部を省略したが、信号光 1 は信号光パルス 1 A ~ 1 F の組がシリアルに連続するもので、光スイッチ 30 からは、図 2 (C) に示すように、出力光パルス 3 A p ~ 3 F u の組が連続して切り出される。ただし、同図は、出力光パルス 3 A p ~ 3 F u の空間的位置関係を示したもので、時間的には、出力光パルス 3 A p ~ 3 F u の一組が同時に切り出され、N = 6 の場合には信号光パルスの時間間隔の 6 倍の時間後に、出力光パルス 3 A p ~ 3 F u の次の一組が同時に切り出される。

【0048】したがって、N = 6 の場合には、光素子 40 の各画素は、信号光パルスの時間間隔の 6 倍の時間ごとに、対応する出力光パルス 3 A p ~ 3 F u を処理または検出できればよい。実際の、チャンネル数 N がより多い場合には、光素子 40 はより応答速度の遅いものでよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0049】以上のように、上述した実施形態によれば、1 T b i t / s 以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に 1 次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0050】(透過型光スイッチに信号光を垂直に入射させる場合) 図 3 は、この発明の光分配方法および光分配装置の他の実施形態を示し、透過型の光スイッチを用いて、これに信号光を垂直に入射させ、制御光を斜めに入射させる場合である。

【0051】この実施形態では、信号光 1 の光路上に光スイッチ 30 を、そのライン方向を信号光 1 の進行方向に対して垂直にして配置して、信号光 1 を、所定幅 W に渡って光スイッチ 30 に入射させるとともに、制御光 2 を、その進行方向を光スイッチ 30 のライン方向に対して傾けて、所定幅 W に渡って光スイッチ 30 に入射させる。その他は、図 1 の実施形態と同じである。

【0052】ただし、後述するように、信号光パルス 1 A が領域 W<sub>u</sub> のみから、信号光パルス 1 B が領域 W<sub>t</sub> のみから、というように、信号光パルス 1 A ~ 1 F が、光スイッチ 30 の対応する領域 W<sub>u</sub> ~ W<sub>p</sub> のみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光 2 の広げられた波面の光スイッチ 30 に対する傾斜による、制御光パルス 2 a の領域 W<sub>u</sub> ~ W<sub>p</sub> への到達時間の差を、信号光パルスの時間間隔と等しくするとともに、制御光パルス 2 a の時間幅を、信号光パルスの時間間隔より十分短くする。



【0053】上述した方法ないし装置においては、図4 (A) に示すように、信号光パルス1 Aが光スイッチ30に到達する時点で、制御光パルス2 aが光スイッチ30の領域W<sub>u</sub>に到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる。

【0054】したがって、同図に示すように、信号光パルス1 Aが光スイッチ30に到達した時点で、光スイッチ30の領域W<sub>u</sub>が透過状態とされ、信号光パルス1 Aの空間位置部分1 uが領域W<sub>u</sub>を透過して、図4 (B) に示すように、出力光パルス3 A<sub>u</sub>として切り出される。

【0055】次に、同図に示すように、信号光パルス1 Bが光スイッチ30に到達すると、制御光パルス2 aが光スイッチ30の領域W<sub>t</sub>に到達して、領域W<sub>t</sub>が透過状態とされ、信号光パルス1 Bの空間位置部分1 tが領域W<sub>t</sub>を透過して、図4 (C) に示すように、出力光パルス3 B<sub>t</sub>として切り出される。

【0056】次に、同図に示すように、信号光パルス1 Cが光スイッチ30に到達すると、制御光パルス2 aが光スイッチ30の領域W<sub>s</sub>に到達して、領域W<sub>s</sub>が透過状態とされ、信号光パルス1 Cの空間位置部分1 sが領域W<sub>s</sub>を透過して、図3に示したように、出力光パルス3 C<sub>s</sub>として切り出される。

【0057】以下、同様にして、図3の実施形態では、信号光パルス1 Aの空間位置部分1 u、信号光パルス1 Bの空間位置部分1 t、信号光パルス1 Cの空間位置部分1 s、信号光パルス1 Dの空間位置部分1 r、信号光パルス1 Eの空間位置部分1 q、信号光パルス1 Fの空間位置部分1 pが、それぞれ出力光パルス3 A<sub>u</sub>、3 B<sub>t</sub>、3 C<sub>s</sub>、3 D<sub>r</sub>、3 E<sub>q</sub>、3 F<sub>p</sub>として順次、切り出され、光素子40の対応する画素で順次、処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス1 A～1 Fが1次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0058】この実施形態でも、N=6の場合には、光素子40の各画素は、信号光パルスの時間間隔の6倍の時間ごとに、対応する出力光パルス3 A<sub>u</sub>～3 F<sub>p</sub>を処理または検出できればよい。実際の、チャンネル数Nがより多い場合には、光素子40はより応答速度の遅いものでよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0059】(反射型光スイッチに制御光を垂直に入射させる場合) 図5は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、反射型の光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0060】この実施形態では、図1の実施形態と同様に、光スイッチ30のライン方向を信号光1の進行方向に対して45°傾けて、光スイッチ30を信号光1の光路上に配置する。ただし、この場合の光スイッチ30は、制御光2が照射されるか否かにより屈折率が変化

し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光2が照射された瞬間だけ、干渉により反射状態として信号光1を所定値以上の反射率で反射させるものとする。

【0061】光スイッチ30は、より実際的には、図15に示して後述するように選択的に反射層を設けることによって、所定幅W内の互いに重なり合わない、図のようにN=6の場合には6つの領域W<sub>p</sub>～W<sub>u</sub>が、互いに独立した実効スイッチ部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように光スイッチ30から切り出される、それぞれの出力光パルス3 A<sub>p</sub>～3 F<sub>u</sub>は、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0062】あるいはまた、信号光1または後述する制御光2の光路上に、それぞれの出力光パルス3 A<sub>p</sub>～3 F<sub>u</sub>を、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性やSN比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0063】光スイッチ30の反射面側に信号光1を、所定幅Wに渡って入射させるとともに、信号光1に同期した制御光2を、その進行方向を光スイッチ30のライン方向に対して垂直にして光スイッチ30の反射面側から、所定幅Wに渡って光スイッチ30に入射させる。

【0064】そして、信号光1が光スイッチ30で反射した後の位置に、ライン状ないし1次元アレイ状の光素子40を、その各画素が信号光1の各空間位置部分1 p～1 uの反射光を受けるように配置する。

【0065】信号光パルス1 A～1 Fが光スイッチ30の対応する領域W<sub>p</sub>～W<sub>u</sub>に同時に到達する時点で、制御光パルス2 aが光スイッチ30の各領域W<sub>p</sub>～W<sub>u</sub>に到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる点を含めて、その他は、図1の実施形態と同じである。

【0066】したがって、透過と反射の違いがあるだけで、図1の実施形態と同様に、信号光パルス1 Aの空間位置部分1 p、信号光パルス1 Bの空間位置部分1 q、信号光パルス1 Cの空間位置部分1 r、信号光パルス1 Dの空間位置部分1 s、信号光パルス1 Eの空間位置部分1 t、信号光パルス1 Fの空間位置部分1 uが、それぞれ出力光パルス3 A<sub>p</sub>、3 B<sub>q</sub>、3 C<sub>r</sub>、3 D<sub>s</sub>、3 E<sub>t</sub>、3 F<sub>u</sub>として切り出され、光素子40の対応する画素で処理または検出される。

【0067】(反射型光スイッチに信号光を垂直に入射させる場合) 図6は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、反射型の光スイッチを用いて、これに信号光を垂直に入射させ、制御光を斜めに入射させる場合で、(A) (B) は、互いに直交する方向から見た図である。

【0068】この実施形態では、図3の実施形態と同様

に、光スイッチ 30 のライン方向を信号光 1 の進行方向に対して垂直にして、光スイッチ 30 を信号光 1 の光路上に配置するが、その光スイッチ 30 は、図 5 の実施形態と同様に反射型のものとし、信号光 1 を、ハーフミラー 50 を介して光スイッチ 30 の反射面側に入射させるとともに、制御光 2 を、その進行方向を光スイッチ 30 のライン方向に対して傾けて、光スイッチ 30 の反射面側から光スイッチ 30 に入射させる。

【0069】そして、信号光 1 が光スイッチ 30 で反射し、さらにハーフミラー 50 で反射した後の位置に、光素子 40 を、その各画素が信号光 1 の各空間位置部分 1u ~ 1p の反射光を受けるように配置する。

【0070】制御光 2 の広げられた波面の光スイッチ 30 に対する傾斜による、制御光パルス 2a の領域 Wu ~ Wp への到達時間の差を、信号光パルスの時間間隔と等しくし、信号光パルス 1A が光スイッチ 30 に到達する時点で、制御光パルス 2a が光スイッチ 30 の領域 Wu に到達するように、制御光 2 を信号光 1 に対して同期させる点を含めて、その他は、図 3 の実施形態と同じである。

【0071】したがって、透過と反射の違いがあるだけで、図 3 の実施形態と同様に、信号光パルス 1A の空間位置部分 1u、信号光パルス 1B の空間位置部分 1t、信号光パルス 1C の空間位置部分 1s、信号光パルス 1D の空間位置部分 1r、信号光パルス 1E の空間位置部分 1q、信号光パルス 1F の空間位置部分 1p が、それぞれ出力光パルス 3Au、3Bt、3Cs、3Dr、3Eq、3Fp として切り出され、光素子 40 の対応する画素で処理または検出される。

【0072】なお、ハーフミラー 50 を用いないで、図 6 (B) において一点鎖線で示すように、光スイッチ 30 に入射する信号光 1 と、光スイッチ 30 から反射する出力光 3 との間に、角度を持たせるようにしてもよい。

【0073】〔位相共役光を利用する場合の実施形態〕図 7 は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、位相共役光を利用する場合である。

【0074】上述したように、信号光は進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げる必要がある。しかし、光ファイバなどの光導波路中を伝送する信号光は、光導波路の耐入力によって強度が制限されるため、波面が広げられた信号光の強度を、あまり大きくすることはできない。さらに、上述した各実施形態のように透過型または反射型の光スイッチを用いる場合には、光スイッチでの光損失によって、得られる出力光が弱くなる。

【0075】そこで、図 7 の実施形態では、光スイッチの代わりに、位相共役光を発生する光学デバイスを用いて、出力光の強度を大きくする。

【0076】(原理) 位相共役光の発生は、3 次の非線形光学効果に属する現象である。図 9 に示すように、レ

ーザ光源 111 からのレーザ光を、ビームスプリッタ 112 を透過させ、ビームスプリッタ 113 で反射させ、さらにミラー 114 で反射させて、後述するような非線形光学媒質からなる位相共役光発生デバイス 90 の一面に、前進ポンプ光 Ef として入射させ、ビームスプリッタ 113 を透過したレーザ光を、ミラー 115 で反射させて、位相共役光発生デバイス 90 の他面に、後進ポンプ光 Eb として入射させるとともに、ビームスプリッタ 112 で反射したレーザ光を、ビームスプリッタ 116 で反射させて、位相共役光発生デバイス 90 の一面に、プローブ光 Ep として入射させ、プローブ光 Ep の進行方向と対向する方向に光検出器 117 を配置する。

【0077】このように、位相共役光発生デバイス 90 に、波長の等しい 2 つのポンプ光 Ef、Eb を互いに対向させて入射させるとともに、ポンプ光 Ef、Eb と同一波長のプローブ光 Ep を入射させると、ポンプ光 Ef、Eb およびプローブ光 Ep が照射されているときのみ、位相共役光発生デバイス 90 から、プローブ光 Ep と対向した位相共役光 Ec が発生し、図 9 の場合には、その位相共役光 Ec が、ビームスプリッタ 116 を介して、光検出器 117 によって検出される。

【0078】位相共役光 Ec は、プローブ光 Ep の時間反転波であり、プローブ光 Ep と同一波長である。また、プローブ光 Ep および位相共役光 Ec の強度は、ポンプ光 Ef、Eb の強度より小さい。

【0079】しかし、位相共役光発生デバイス 90 の射出面での位相共役光 Ec の振幅 Ac(0) は、位相共役光発生デバイス 90 の入射面でのポンプ光 Ef、Eb の振幅 Ap(0) と、位相共役光発生デバイス 90 を構成する非線形光学媒質によって決まる定数 α との積に比例し、その比例定数を k とすると、

$$A_c(0) = k \times \alpha \times A_p(0) \quad \dots (1)$$

で表されるので、ポンプ光 Ef、Eb の強度を大きくすることによって、位相共役光 Ec の強度をプローブ光 Ep の強度より大きくすることができる。

【0080】したがって、光スイッチに代えて位相共役光発生デバイスを用い、上述した信号光をプローブ光とし、制御光をポンプ光とすることによって、波面が広げられた信号光であるプローブ光の強度が大きくなっても、位相共役光としての出力光の強度を大きくすることができるとともに、光スイッチを用いる場合のような光学デバイスでの光損失の問題を回避することができる。

【0081】図 9 は、位相共役光 Ec をビームスプリッタ (ハーフミラー) 116 を介して取り出す場合で、これでは、位相共役光発生デバイス 90 から発生した位相共役光 Ec のうちの 50% しか取り出すことができない。

【0082】これに対して、図 10 に示すように、ポンプ光 Ef、Eb のいずれかの光路、例えばポンプ光 Eb の光路に、1/2 波長板 118 を挿入して、位相共役光

発生デバイス 90 に互いに直交する偏光のポンプ光 E f, E b を入射させると、位相共役光発生デバイス 90 から発生する位相共役光 E c は、プローブ光 E p に対して直交した偏光になる。

【0083】したがって、図示するように、位相共役光 E c の取り出しに偏光ビームスプリッタ 119 を用いることができ、位相共役光発生デバイス 90 から発生した位相共役光 E c をほぼ 100% 取り出すことができるので、出力光の強度をより大きくすることができる。

【0084】光スイッチに代えて位相共役光発生デバイスを用いるには、1 ps 以下の応答速度で位相共役光を発生、停止する非線形光学媒質が必要となる。3 次の非線形光学効果が大きく、かつそのような超高速応答を示す材料としては、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスや、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜などがある。これらの材料は、1 ps 以下の応答時間を有し、大面積化も容易であるため、位相共役光発生デバイスとして十分使用することができる。また、半導体材料中にも、半導体多重量子井戸 (MQW) などのように超高速応答を示すものがあり、それらを使用することもできる。

【0085】(実施形態) 図 7 は、位相共役光発生デバイスを用いて、これにプローブ光としての信号光を斜めに入射させ、ポンプ光としての制御光を垂直に入射させる場合である。

【0086】図では省略したが、光ファイバなどの光導波路中を伝送した、図の場合には 6 チャンネルの信号光が時間的にシリアルに多重化された信号光から、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルス 1 A ~ 1 F の列からなる信号光 1 を得る。

【0087】この信号光 1 の光路上に、ライン状の位相共役光発生デバイス 90 を、そのライン方向を信号光 1 の進行方向に対して傾けて配置して、信号光 1 をプローブ光 E p として、偏光ビームスプリッタ 144 を介して、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 に入射させる。

【0088】上記の光導波路中を伝送した信号光からは、信号光パルス 1 A ~ 1 F の一組につき一つの制御光パルス 2 a からなる、信号光 1 に同期した、信号光 1 と同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光 2 を形成する。

【0089】その制御光パルス 2 a を、後進ポンプ光 E b として、その進行方向を位相共役光発生デバイス 90 のライン方向に対して垂直にして、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 の一面に入射させる。さらに、位相共役光発生デバイス 90 を透過した制御光パルス 2 a の光路上に、1/4 波長板 135 およびミラー 136 を配置して、位相共役光発生デバイス 90 を透過した制御光パルス 2 a を、1/4 波長板 135 を透過さ

せ、ミラー 136 で反射させ、さらに 1/4 波長板 135 を再び透過させて、後進ポンプ光 E b に対して直交した偏光の前進ポンプ光 E f を形成し、その前進ポンプ光 E f を、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 の他面に入射させる。

【0090】この場合、前進ポンプ光 E f と後進ポンプ光 E b が同時に位相共役光発生デバイス 90 に入射するように、すなわち、制御光パルス 2 a のある一つが前進ポンプ光 E f として位相共役光発生デバイス 90 に入射する時点で、制御光パルス 2 a のその後の一つが後進ポンプ光 E b として位相共役光発生デバイス 90 に入射するように、ミラー 136 の位置を調整する。

【0091】位相共役光発生デバイス 90 は、上述したような非線形光学媒質によって形成するが、より実際的には、後述するように選択的に遮光層を設けることによって、所定幅 W 内の互いに重なり合わない、図のように  $N$  (チャンネル数) = 6 の場合には 6 つの領域  $W_p \sim W_u$  が、互いに独立した位相共役光発生部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように位相共役光発生デバイス 90 から位相共役光として発生する、それぞれの出力光パルスは、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0092】あるいはまた、信号光 1、制御光 2 または出力光 3 の光路上に、それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性や S/N 比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0093】後述するように、信号光パルス 1 A に対応した出力光パルスが領域  $W_u$  のみから、信号光パルス 1 B に対応した出力光パルスが領域  $W_t$  のみから、というように、信号光パルス 1 A ~ 1 F に対応した出力光パルスが、位相共役光発生デバイス 90 の対応する領域  $W_u \sim W_p$  のみから、空間的に分離して発生するように、制御光パルス 2 a の時間幅は、信号光 1 の広げられた波面方向の、領域  $W_u \sim W_p$  に対応する空間位置部分の、領域  $W_u \sim W_p$  までの光路長の違いによる、領域  $W_u \sim W_p$  への到達時間の差より十分短くする。

【0094】位相共役光発生デバイス 90 から発生して、偏光ビームスプリッタ 144 によって取り出された後の、信号光 1 であるプローブ光 E p の位相共役光 E c としての出力光 3 の光路上には、空間光変調器などの光処理素子または CCD アレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子からなる、ライン状ないし 1 次元アレイ状の光素子 40 を配置する。

【0095】上述した方法ないし装置においては、図 8 (A) に示すように、前進ポンプ光 E f および後進ポンプ光 E b が位相共役光発生デバイス 90 の各領域  $W_p \sim W_u$  を同時に照射し、同時に位相共役光発生可能状態にする。そして、図示するように、それぞれプローブ光 E

10

20

30

40

50

pとしての信号光パルス1A~1Fが位相共役光発生デバイス90の対応する領域Wu~Wpに同時に到達する時点で、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebが位相共役光発生デバイス90の各領域Wp~Wuに到達するように、制御光2である前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebをプローブ光Epとしての信号光1に対して同期させる。

【0096】したがって、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebが位相共役光発生デバイス90の各領域Wp~Wuに到達した時点で、図8(B)に示すように、領域Wu, Wt, Ws, Wr, Wq, Wpから、それぞれ信号光パルス1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fの空間位置部分1u, 1t, 1s, 1r, 1q, 1pに対応した出力光パルス3Au, 3Bt, 3Cs, 3Dr, 3Eq, 3Fpが、それぞれ位相共役光Ecとして発生する。

【0097】そして、この位相共役光Ecとしての出力光パルス3Au~3Fpが、偏光ビームスプリッタ144を介して、光素子40の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス1A~1Fが1次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0098】しかも、出力光3は信号光1であるプローブ光Epの位相共役光Ecとして得られるので、上述したように出力光3の強度を大きくすることができる。とともに、この実施形態では、その位相共役光Ecはプローブ光Epに対して直交した偏光になるので、その位相共役光Ecとしての出力光3を、偏光ビームスプリッタ144によって取り出すことができ、出力光3の強度をより大きくすることができる。

【0099】(具体例) 図11は、上述したように位相共役光を利用する光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、実験用のものである。

【0100】アルゴンレーザ121の出力光によりチタンサファイアレーザ122を励起して、チタンサファイアレーザ122から、波長780nm、パルス時間幅100fs、パルス時間間隔10ns(繰り返し周波数100MHz)の出力光を得る。

【0101】このチタンサファイアレーザ122の出力光を、ビームスプリッタ123を透過させて、光マルチプレクサ141により多重化して、光マルチプレクサ141から、パルス時間幅が100fs、パルス時間間隔が1ps(繰り返し周波数が1THz)のパルス列からなる信号光を得、この信号光を、ミラー142で反射させ、コリメータ/エキスパンダ143により約5mmφに拡大し、偏光ビームスプリッタ144を透過させて、プローブ光Epとして、位相共役光発生デバイス90に45度の角度で入射させる。

【0102】また、チタンサファイアレーザ122の出力光を、ビームスプリッタ123で反射させて、増幅器

124に供給するとともに、チタンサファイアレーザ122の出力光によりYLFレーザ125を励起し、YLFレーザ125の出力光を増幅器124に供給して、増幅器124から、強度80μJ/pulseの制御光を得る。

【0103】そして、この増幅器124からの制御光を、ミラー126, 127, 128, 129, 131で順次反射させ、コリメータ/エキスパンダ132により約5mmφに拡大し、さらにシリンドリカルレンズ133によりライン状に集光させて、後進ポンプ光Ebとして、位相共役光発生デバイス90の一面に垂直に入射させる。

【0104】さらに、位相共役光発生デバイス90を透過した制御光を、シリンドリカルレンズ134を介し、1/4波長板135を介して、ミラー136で反射させ、その反射光を、再び1/4波長板135を介し、シリンドリカルレンズ134によりライン状に集光させて、前進ポンプ光Efとして、位相共役光発生デバイス90の他面に垂直に入射させる。

【0105】これによって、位相共役光発生デバイス90には、一面に後進ポンプ光Ebが入射するとともに、他面に後進ポンプ光Ebに対して直交した偏光の前進ポンプ光Efが入射する。この場合、増幅器124からのある制御光パルスが、前進ポンプ光Efとして位相共役光発生デバイス90に入射する時点で、増幅器124からのその後のある制御光パルスが、後進ポンプ光Ebとして位相共役光発生デバイス90に入射するように、ミラー127, 128および136の位置を調整する。また、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebは、プローブ光Epに対して、図7および図8において上述したように同期させる。

【0106】位相共役光発生デバイス90としては、フォトニクスガラスを用いた。これは、ガラス中に金属微粒子であるBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を分散させたもので、比較的大きい3次の非線形光学定数(9.3×10<sup>-12</sup>esu)と、200fs以下の応答時間を有する。フォトニクスガラスの厚さは20μmとし、信号光であるプローブ光Epおよび制御光であるポンプ光Ef, Ebのパルス時間幅100fsに相当する空間的距離間隔30μmに比べて十分小さくした。さらに、位相共役光発生デバイス90は、フォトニクスガラスにマスクを付けて、直径100μmの円形の位相共役光発生部を10個、一方向にライン状に並べたものとした。

【0107】そして、位相共役光発生デバイス90から発生した位相共役光Ecを、偏光ビームスプリッタ144によって取り出して、10個の画素を一方向にライン状に並べたCCDアレイ145によって観測した。

【0108】その結果、CCDアレイ145上に位相共役光発生デバイス90の10個の位相共役光発生部に対応した10個の光出力が観測され、光マルチプレクサ1

41からの信号光が増幅器124からの制御光によってデマルチプレックスされることが確認された。しかも、出力光としての位相共役光Ecの強度は信号光であるプローブ光Epの100%以上であり、デマルチプレックスに伴う光損失がないことが確認された。

【0109】この実験では、光源の関係上、波長780nmの光を用いたが、実験に用いたフォトリソグラフィガラスは、1.55μm帯に対しても吸収を示さないで、光通信で主として用いられる1.55μm帯でも同様に用いることができる。

【0110】〔光スイッチの実施形態〕

（透過型光スイッチの実施形態）図12は、図1または図3に示したような光分配方法ないし光分配装置の光スイッチとして用いて好適な透過型光スイッチの一実施形態を示す。

【0111】この光スイッチは、石英基板31上に、フェムト秒オーダーで可飽和吸収を示す機能性薄膜32を形成し、その機能性薄膜32上に、アルミニウムの蒸着およびエッチングにより、遮光層33を所定パターンに形成して、機能性薄膜32の遮光層33で覆われていない部分34を、互いに独立の複数の光シャッタ部として機能させるものである。

【0112】信号光1が、100チャンネルの信号光パルスの列からなる、繰り返し周波数1THz（パルス時間間隔1ps）、パルス時間幅100fsのもので、この信号光1の、図において番号1, 2...99, 100で示す100チャンネルの信号光パルスを、繰り返し周波数10GHz（パルス時間間隔100ps）、パルス時間幅100fsの制御光2によって、パラレルに分離する場合を想定して、この透過型光スイッチを試作した。

【0113】光スイッチを信号光1に対して45°傾け、制御光2を光スイッチに垂直に入射させる場合として、信号光パルスの空間的距離間隔が300μmであるので、光シャッタ部34は、100個の信号光パルスの波面に対応するように、直径100μmの円形のを、424μmのピッチで100個、一方向にライン状に並べて形成した。光スイッチの全長は、4.2cm強である。

【0114】実際に行った製造方法を示す。石英基板31は、濃硫酸に一昼夜浸漬後、流水洗浄し、さらに超純水中で超音波洗浄したものを用いた。機能性薄膜32としては、大面積化を考慮して、有機材料であるAlP-O-F（フルオロアルミニウムフタロシアニン）を用いた。

【0115】AlP-O-Fは、波長600~800nmに対して吸収を示し、パワー密度 $5 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$ の入射光で45%の吸収変化を生じる。吸収回復時間は550fsで、この発明の光分配方法ないし光分配装置に用いる光スイッチとして十分な機能を有する。

【0116】石英基板31上に、このAlP-O-Fを150度、 $10^{-6} \text{ Torr}$ で真空蒸着して、0.8μm厚の機能性薄膜32を形成した。この機能性薄膜32上に、アルミニウムを $10^{-6} \text{ Torr}$ で500nm厚に蒸着し、塩酸を用いた通常のエッチングを行って、遮光層33を所定パターンに形成し、光シャッタ部34を上記のサイズおよびピッチで100個、形成した。

【0117】機能性薄膜32としては、AlP-O-F以外に、ポリジアセチレンやポリチオフェンなどのπ共役系高分子、スクエアリウムなどの色素会合体、C<sub>60</sub>薄膜などを用いることができる。

【0118】また、遮光層33は、光の透過を阻止すればよいので、アルミニウムのように光を反射するものではなく、光を十分に吸収するものでもよい。さらに、石英基板31のような透光性基板を設ける場合には、遮光層33を、機能性薄膜32上ではなく、その透光性基板の機能性薄膜32が形成される面と反対側の面上に形成してもよい。また、透光性基板はなくてもよく、AlP-O-Fなどの機能性材料からなるベース層の一面に遮光層33を設けるだけでもよい。

【0119】（透過型光スイッチを用いる場合の具体例）図13は、上述した透過型光スイッチを用いる光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、実験用のものである。

【0120】パルス時間幅100fs、発振周波数82MHzのOPO（オプティカルパラメトリック発振器）61からの、波長620nm、パルス時間幅100fsの出力光5を分割して、一部は、光マルチプレクサ62により、繰り返し周波数1THz（パルス時間間隔1ps）、パルス時間幅100fsの信号光1として、光学系20により進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げて、光スイッチ30に入射させる。

【0121】光スイッチ30は、図12に示したように、AlP-O-Fからなる光シャッタ部34を100個、一方向にライン状に並べた透過型のもので、そのライン方向を信号光1の進行方向に対して45°傾けて、信号光1の光路上に配置する。

【0122】出力光5の残りは、制御光2として、光学的遅延手段63により遅延させ、シリンドリカルレンズ64によりライン状に集光させて、光スイッチ30に垂直に入射させる。出力光5の光強度は $500 \mu \text{ J}$ で、これをシリンドリカルレンズ64により集光させることによって、制御光として十分な光パワーが得られた。

【0123】光スイッチ30の前方には、100個の画素を一方向にライン状に並べたフォトディテクタアレイ41を配し、そのそれぞれの画素を光スイッチ30のそれぞれの光シャッタ部に対応させる。フォトディテクタアレイ41としては、10GHzの応答速度が要求されるため、GaAsからなる超高速フォトダイオードを用いた。

【0124】そして、OPO61の出力信号7を、遅延回路67により遅延させて、トリガー信号としてロックインアンプ68に供給し、フォトディテクタアレイ41の出力信号8を、ロックインアンプ68に供給して、ロックインアンプ68により、フォトディテクタアレイ41の出力信号8の変動成分を検出し、その検出出力をコンピュータ70により測定した。

【0125】その結果、信号光1と制御光2の光スイッチ30への照射タイミングを合わせたときにのみ、フォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に同時に電圧変動が観測された。これは、制御光2によって、光スイッチ30の図12に示した光シャッタ部34において、AlPooFからなる機能性薄膜32の吸収が減少して透過光強度が増加し、その増加分がフォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に電圧変動として現れたためと考えられる。

【0126】上記の検出・測定を繰り返し、OPO61の出力信号7に対応してフォトディテクタアレイ41の出力信号8をモニタすることによって、光マルチプレクサ62からの1THzの信号光1を、それぞれ10GHzの100チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0127】上述したように、光通信では主として1.55μm帯の信号光が用いられる。そこで、1.55μm帯に、より近い信号光を用いて、上記と同様の実験を行った。

【0128】図14は、この場合を示し、OPO61からの、波長1.55μm、パルス時間幅100fsの出力光5を、波長変換素子65によって、波長775nm、パルス時間幅100fsの出力光6に変換する。出力光5の2次高調波を抽出することによって、このようにパルス時間幅を変化させることなく、波長を変換することができる。

【0129】このように波長を775nmに変換するのは、光スイッチ30の図12に示した機能性薄膜32を形成するAlPooFが、上述したように600~800nmに対して吸収を示すからである。図13の場合の620nmに比べれば効率は落ちるものの、775nmでも光スイッチとして動作可能である。

【0130】この波長変換素子65からの波長775nmの出力光6から、信号光1および制御光2を生成して、図8の場合と同様の実験を行った。その結果、光マルチプレクサ62からの1THzの信号光1を、それぞれ10GHzの100チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0131】なお、図13または図14の場合、フォトディテクタアレイ41は必ずしも光スイッチ30のすぐ前方に配置する必要はない。図12に示した光シャッタ部34を透過した後の回折光の広がり、広がり角 $\theta$ 、透過光の波長 $\lambda$ 、透過部の径 $\omega_0$ 、および透過部の屈折

率 $n$ の間の式、 $\theta = \lambda / \pi \omega_0 n$ に従って計算すると、 $\lambda = 620\text{nm}$ 、 $\omega_0 = 100\mu\text{m}$ の場合、 $\theta$ が0.1°以下となって、極めて小さくなる。そのため、必要に応じて、光スイッチ30とフォトディテクタアレイ41との間に何らかの光学デバイスを挿入して、透過回折光の処理を行うようにしてもよい。

【0132】（反射型光スイッチの実施形態）図15は、図5または図6に示したような光分配方法ないし光分配装置の光スイッチとして用いて好適な反射型光スイッチの一実施形態を示す。

【0133】この光スイッチは、シリコン基板35上に、制御光が照射されるか否かによって屈折率が変化し、干渉反射による反射率が変化する反射層36を、互いに独立の複数の実効スイッチ部として形成したものである。

【0134】信号光1が、100チャンネルの信号光パルスの列からなる、繰り返し周波数1THz（パルス時間間隔1ps）、パルス時間幅100fsのもので、この信号光1の、図において番号1, 2...100で示す100チャンネルの信号光パルスを、繰り返し周波数10GHz（パルス時間間隔100ps）、パルス時間幅100fsの制御光2によって、パラレルに分離する場合を想定して、この反射型光スイッチを試作した。

【0135】光スイッチを信号光1に対して45°傾け、制御光2を光スイッチに垂直に入射させる場合として、信号光パルスの空間的距離間隔が300μmであるので、反射層36は、100個の信号光パルスの波面に対応するように、直径100μmの円形のものを、424μmのピッチで100個、一方向にライン状に並べて形成した。光スイッチの全長は、4.2cm強である。

【0136】反射層36としては、低温成長BeドーピングInGaAs/InAlAsのMQW（多重量子井戸）を用いた。このMQWは、波長1.535μm、光強度10pJの入射光に対して、動作時間250fs、繰り返し周波数20GHzで応答し、この発明の光分配方法ないし光分配装置に用いる光スイッチとして十分な機能を有する。

【0137】ただし、反射層36としては、他の材料を用いることもできる。また、基板としても、シリコン基板35に限らず、反射層36に比べて反射率が十分に低いものであれば、他の材料のものをを用いることができる。

【0138】（反射型光スイッチを用いる場合の具体例）図16は、上述した反射型光スイッチを用いる光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、図13および図14と同様に実験用のものである。

【0139】光スイッチ30の図15に示した反射層36を形成する上記のMQWが、光通信で主として用いられる1.55μm帯に対して十分動作可能であることから、この場合には、OPO61（パルス時間幅100f

s、発振周波数82MHz)からの、波長1.55μm、パルス時間幅100fsの出力光5を、そのまま、光マルチプレクサ62により、繰り返し周波数1THz(パルス時間間隔1ps)、パルス時間幅100fsの信号光1として、光学系20により進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げて、光スイッチ30に入射させる。

【0140】光スイッチ30は、図15に示したように、上記のMQWからなる反射層36を100個、一方向にライン状に並べた反射型のもので、そのライン方向を信号光1の進行方向に対して45°傾けて、信号光1の光路上に配置する。

【0141】出力光5は、また、制御光2として、光学的遅延手段63により遅延させ、シリンドリカルレンズ64によりライン状に集光させて、光スイッチ30に垂直に入射させる。

【0142】信号光1の光スイッチ30からの反射位置には、光スイッチ30に対して45°傾けて、100個の画素を一方向にライン状に並べたフォトディテクタアレイ41を配し、そのそれぞれの画素を光スイッチ30のそれぞれの反射層に対応させる。フォトディテクタアレイ41としては、図13および図14の場合と同様に、GaAsからなる超高速フォトダイオードを用いた。

【0143】そして、図13および図14の場合と同様に、OPO61の出力信号7を、遅延回路67により遅延させて、トリガー信号としてロックインアンプ68に供給し、フォトディテクタアレイ41の出力信号8を、ロックインアンプ68に供給して、ロックインアンプ68により、フォトディテクタアレイ41の出力信号8の変動成分を検出し、その検出出力をコンピュータ70により測定した。

【0144】その結果、信号光1と制御光2の光スイッチ30への照射タイミングを合わせたときにのみ、フォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に同時に電圧変動が観測された。これは、制御光2によって、光スイッチ30の図15に示した上記のMQWからなる反射層36の屈折率が変化して緩衝条件が崩れ、反射層36からの反射光強度が増加して、その増加分がフォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に電圧変動として現れたためと考えられる。

【0145】上記の検出・測定を繰り返し、OPO61の出力信号7に対応してフォトディテクタアレイ41の出力信号8をモニタすることによって、光マルチプレクサ62からの1THzの信号光1を、それぞれ10GHzの100チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0146】〔2次元パラレル信号光に変換する場合の実施形態〕この発明は、シリアル信号光を空間的に2次元のパラレル信号光に変換する場合にも適用することが

できる。

【0147】この場合には、例えば、光スイッチを用いる場合であれば、図17に示すように、光スイッチ30を、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ2次元のものとして、信号光1または制御光2に対して、2軸方向に傾きを有するように配し、図では省略したが、他方の制御光または信号光は、例えば光スイッチ30に垂直に入射させる。

【0148】図18は、この場合の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示し、透過型の光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0149】光ファイバなどの光導波路10中を伝送した信号光1'を、レンズを組み合わせて構成した光学系20に入射させて、光学系20の出射光として、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルスの列からなる信号光1を得る。

【0150】この信号光1の光路上に、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ光スイッチ30を、信号光1に対して2軸方向に傾きを有するように配置して、信号光1を光スイッチ30に、その一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って入射させる。

【0151】光スイッチ30は、1次元の場合の図1または図3に示したそれと同様に、制御光2が照射されるか否かにより吸収係数が変化し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光2が照射された瞬間だけ、透過状態として信号光1を所定値以上の透過率で透過させるものとする。

【0152】信号光1'からは、そのチャンネル数(図の場合は、 $4 \times 4 = 16$ )分の信号光パルスにつき一つの制御光パルスからなる、信号光1に同期した、信号光1と同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光2を形成し、その制御光2を光スイッチ30に垂直に、光スイッチ30の一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って入射させる。

【0153】この場合も、それぞれの信号光パルスが光スイッチ30の対応する領域のみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光2の時間幅(パルス幅)は、信号光1の広げられた波面方向の、光スイッチ30の各領域に対応する各空間位置部分の、光スイッチ30の各領域までの光路長の違いによる、光スイッチ30の各領域への到達時間の差より十分短くする。

【0154】光スイッチ30より前方側の信号光1の光路上には、光素子40を配置する。光素子40は、空間光変調器などの光処理素子またはCCDアレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子で、しかも各画素42が2次元アレイ状に配列されたものとし、その各画素42を信号光1の上述した各空間位置部分に対応させる。

【0155】上述した方法ないし装置においては、制御光パルスが光スイッチ30の各領域を同時に照射し、同時に透過状態にする。そして、チャンネル数分の信号光パルスが光スイッチ30の対応する領域に同時に到達するように、光スイッチ30の信号光1に対する2軸方向の傾きを定めるとともに、チャンネル数分の信号光パルスが光スイッチ30の対応する領域に同時に到達する時点で、制御光パルスが光スイッチ30の各領域に到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる。

【0156】したがって、制御光パルスが光スイッチ30の各領域に到達した時点で、チャンネル数分の信号光パルスの互いに異なる空間位置部分が、光スイッチ30の対応する領域を、それぞれ透過して、それぞれ出力光パルス3aとして切り出され、光素子40の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルスが2次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0157】この場合にも、それぞれの出力光パルス3aは、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりを生じないことが望ましい。そのため、信号光1または制御光2の光路上に、図19に示すような、出力光パルスを個々に分離する透過ピクセル81を有するフィルタ80を配置することが好ましい。あるいはまた、光スイッチ30を、図12に示したような互いに独立の光シャッタ部34を、一方向および他方向に2次的に並べて形成したものとしてもよい。

【0158】上述した方法ないし装置では、光素子40の各画素42は、信号光パルスの時間間隔のチャンネル数倍の時間ごとに、対応する出力光パルスを処理または検出できればよい。したがって、信号光1のビットレートが1Tbit/s、パルス時間間隔が1psで、例えば、信号光1が100×100画素についての2次元画像情報を時間的にシリアルに多重化したものである場合には、光素子40の各画素42は、1ps×100×100=10nsの時間ごとに応答できればよい。さらに、信号光1が1000×1000画素についての2次元画像情報を多重化したものである場合には、各画素42の応答時間は1μsでよい。したがって、光素子40としては、現在考えられている、液晶などを用いた2次元空間光変調器などの光処理素子や、2次元CCDアレイや2次元フォトディテクタアレイなどの光検出素子を用いることができる。

【0159】さらに、信号光1のビットレートが1Tbit/s、パルス時間間隔が1psで、例えば、信号光1を100×100チャンネルの2次元パラレル信号光に変換する場合でも、図1の実施形態で示し、図12の透過型光スイッチで示したところから明かなように、光スイッチ30は数cm角でよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0160】以上のように、上述した実施形態によれ

ば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に2次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0161】図18とは逆に、光スイッチ30を制御光に対して2軸方向に傾きを有するように配置して、制御光を光スイッチ30に入射させ、信号光を光スイッチ30に垂直に入射させてもよい。この場合には、制御光パルスが光スイッチ30の各領域を順次照射し、順次透過状態にするので、信号光パルスが光スイッチ30に到達する時点で、制御光パルスが光スイッチ30の、その信号光パルスに対応する領域に到達するように、光スイッチ30の制御光に対する2軸方向の傾きを定め、制御光を信号光に対して同期させればよく、これによって、それぞれの信号光パルスが光スイッチ30に順次到達した時点で、その信号光パルスのその信号光パルスに対応する空間位置部分が、光スイッチ30のその信号光パルスに対応する領域を透過して、出力光パルスとして切り出されるようになる。

【0162】また、光スイッチを反射型にしても、上述した透過型にした場合と同様に、シリアル信号光を空間的に2次元のパラレル信号光に変換することができる。

【0163】この場合にも、それぞれの出力光パルスが、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりを生じないように、信号光または制御光の光路上に、図19に示したようなフィルタ80を配置し、または光スイッチを、図15に示したような互いに独立の反射層36を、一方向および他方向に2次的に並べて形成したものとするのが望ましい。

【0164】さらに、位相共役光を利用して、位相共役光を発生する光学デバイスを用いる場合にも、光スイッチを用いる場合と同様に、シリアル信号光を空間的に2次元のパラレル信号光に変換することができる。

【0165】この場合、図7または図11に示したように1次元のパラレル信号光に変換する場合と同様に、ミラーを用いることによって、前進ポンプ光および後進ポンプ光を形成することができ、さらに位相共役光発生デバイスとミラーとの間に1/4波長板を配置することによって、前進ポンプ光と後進ポンプ光の偏光方向を直交させ、出力光としての位相共役光を信号光であるプローブ光に対して直交した偏光のものとするができる。

【0166】

【発明の効果】上述したように、請求項1の光分配方法、または請求項19の光分配装置によれば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に1次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0167】請求項2の光分配方法、または請求項20の光分配装置によれば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易



【図 11】位相共役光を利用する場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図 12】この発明の透過型光スイッチの一実施形態を示す図である。

【図 13】透過型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図14】透過型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図 15】この発明の反射型光スイッチの一実施形態を示す図である。

【図16】反射型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図17】2次元パラレル信号光に変換する場合の原理を示す図である。

【図18】2次元パラレル信号光に変換する場合の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示す図である。

【図19】図18の方法ないし装置に用いて好適なフィルタを示す図である。

【符号の説明】

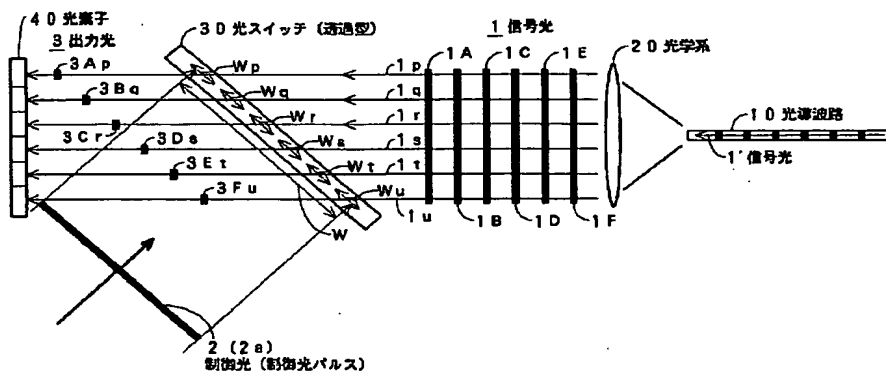
1…信号光、1A～1F…信号光パルス、1p～1u…  
空間位置部分、2…制御光、2a…制御光パルス、3…  
出力光、3Ap～3Fu、3Au～3Fp、3a…出力  
光パルス、Ep…プローブ光、Ef…前進ポンプ光、E  
b…後進ポンプ光、Ec…位相共役光、10…光導波  
路、20…光学系、30…光スイッチ、Wp～Wu…領  
域、32…機能性薄膜（ベース層）、33…遮光層、3  
4…光シャッタ部、35…シリコン基板（基板）、36  
…反射層（実効スイッチ部）、40…光素子（光処理素  
子、光検出素子）、80…フィルタ、90…位相共役光  
発生デバイス、135…1/4波長板、136…ミラ  
ー、144…偏光ビームスプリッタ、

20 1…信号光、1 A～1 F…信号光パルス、1 p～1 u…  
空間位置部分、2…制御光、2 a…制御光パルス、3…  
出力光、3 A p～3 F u、3 A u～3 F p、3 a…出力  
光パルス、E p…プローブ光、E f…前進ポンプ光、E  
b…後進ポンプ光、E c…位相共役光、1 0…光導波  
路、2 0…光学系、3 0…光スイッチ、W p～W u…領  
域、3 2…機能性薄膜（ベース層）、3 3…遮光層、3  
4…光シャッタ部、3 5…シリコン基板（基板）、3 6  
…反射層（実効スイッチ部）、4 0…光素子（光処理素  
子、光検出素子）、8 0…フィルタ、9 0…位相共役光  
30 発生デバイス、1 3 5…1／4 波長板、1 3 6…ミラ  
ー、1 4 4…偏光ビームスプリッタ、

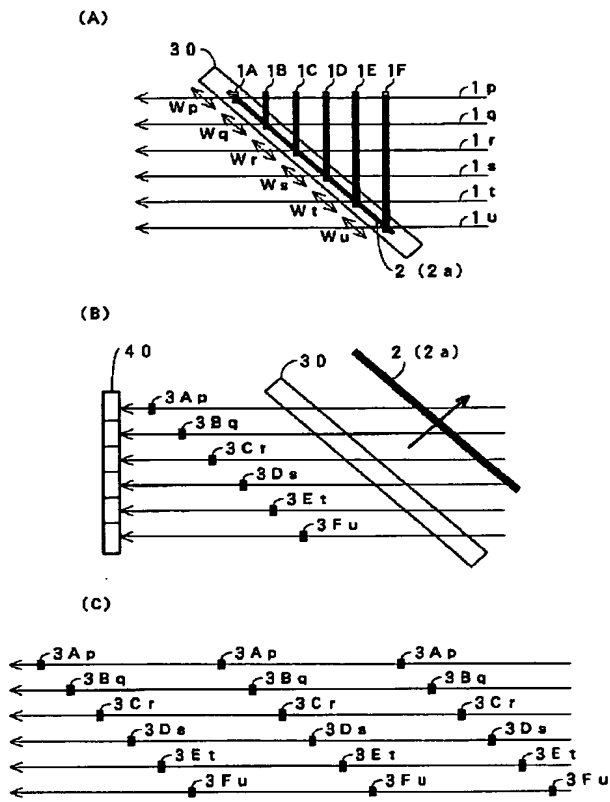
20 1…信号光、1 A～1 F…信号光パルス、1 p～1 u…  
空間位置部分、2…制御光、2 a…制御光パルス、3…  
出力光、3 A p～3 F u、3 A u～3 F p、3 a…出力  
光パルス、E p…プローブ光、E f…前進ポンプ光、E  
b…後進ポンプ光、E c…位相共役光、1 0…光導波  
路、2 0…光学系、3 0…光スイッチ、W p～W u…領  
域、3 2…機能性薄膜（ベース層）、3 3…遮光層、3  
4…光シャッタ部、3 5…シリコン基板（基板）、3 6  
…反射層（実効スイッチ部）、4 0…光素子（光処理素  
子、光検出素子）、8 0…フィルタ、9 0…位相共役光  
30 発生デバイス、1 3 5…1／4 波長板、1 3 6…ミラ  
ー、1 4 4…偏光ビームスプリッタ、

20 1…信号光、1 A～1 F…信号光パルス、1 p～1 u…  
空間位置部分、2…制御光、2 a…制御光パルス、3…  
出力光、3 A p～3 F u、3 A u～3 F p、3 a…出力  
光パルス、E p…プローブ光、E f…前進ポンプ光、E  
b…後進ポンプ光、E c…位相共役光、1 0…光導波  
路、2 0…光学系、3 0…光スイッチ、W p～W u…領  
域、3 2…機能性薄膜（ベース層）、3 3…遮光層、3  
4…光シャッタ部、3 5…シリコン基板（基板）、3 6  
…反射層（実効スイッチ部）、4 0…光素子（光処理素  
子、光検出素子）、8 0…フィルタ、9 0…位相共役光  
30 発生デバイス、1 3 5…1／4 波長板、1 3 6…ミラ  
ー、1 4 4…偏光ビームスプリッタ、

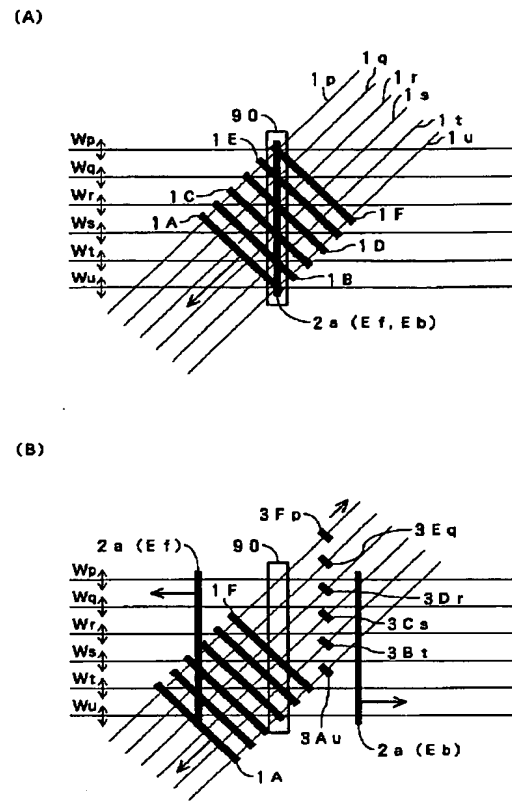
20 1…信号光、1 A～1 F…信号光パルス、1 p～1 u…  
空間位置部分、2…制御光、2 a…制御光パルス、3…  
出力光、3 A p～3 F u、3 A u～3 F p、3 a…出力  
光パルス、E p…プローブ光、E f…前進ポンプ光、E  
b…後進ポンプ光、E c…位相共役光、1 0…光導波  
路、2 0…光学系、3 0…光スイッチ、W p～W u…領  
域、3 2…機能性薄膜（ベース層）、3 3…遮光層、3  
4…光シャッタ部、3 5…シリコン基板（基板）、3 6  
…反射層（実効スイッチ部）、4 0…光素子（光処理素  
子、光検出素子）、8 0…フィルタ、9 0…位相共役光  
30 発生デバイス、1 3 5…1／4 波長板、1 3 6…ミラ  
ー、1 4 4…偏光ビームスプリッタ、



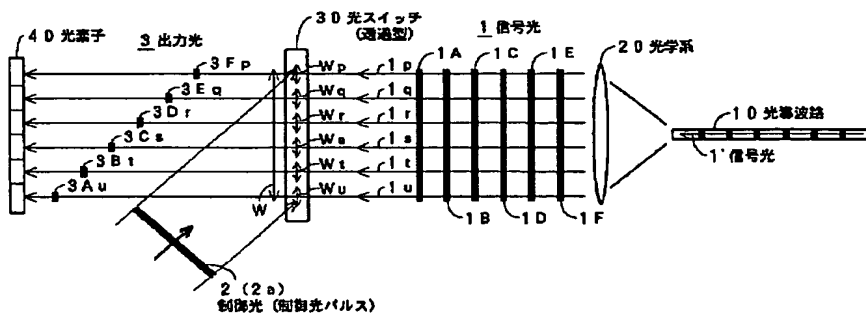
【図2】



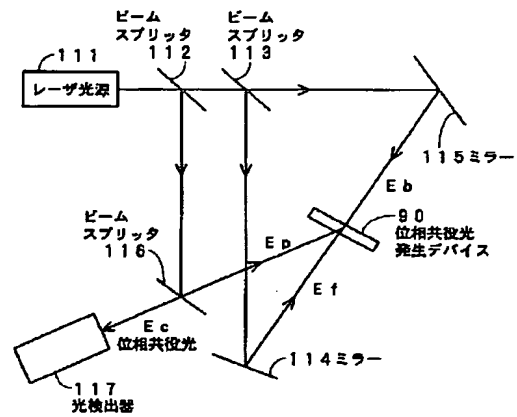
【図8】



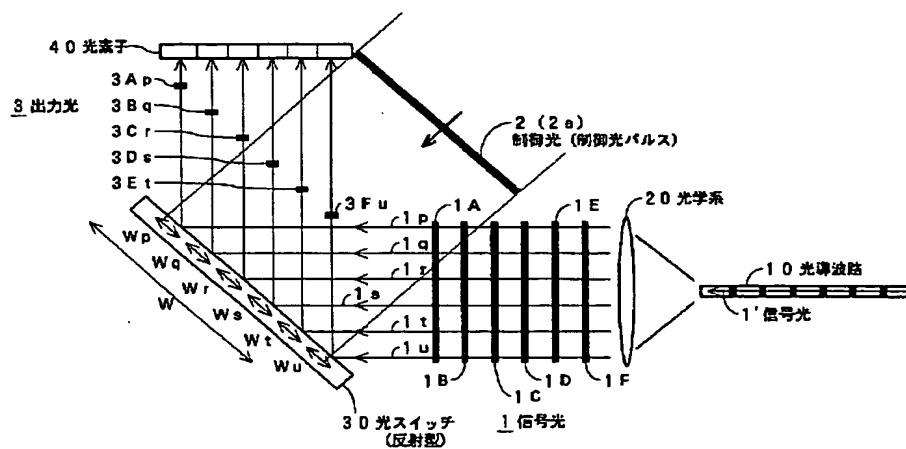
【図3】



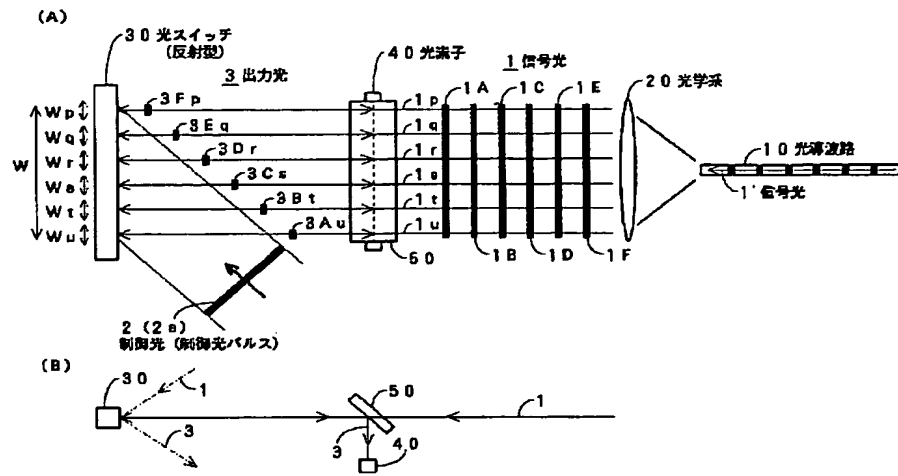
【図 9】



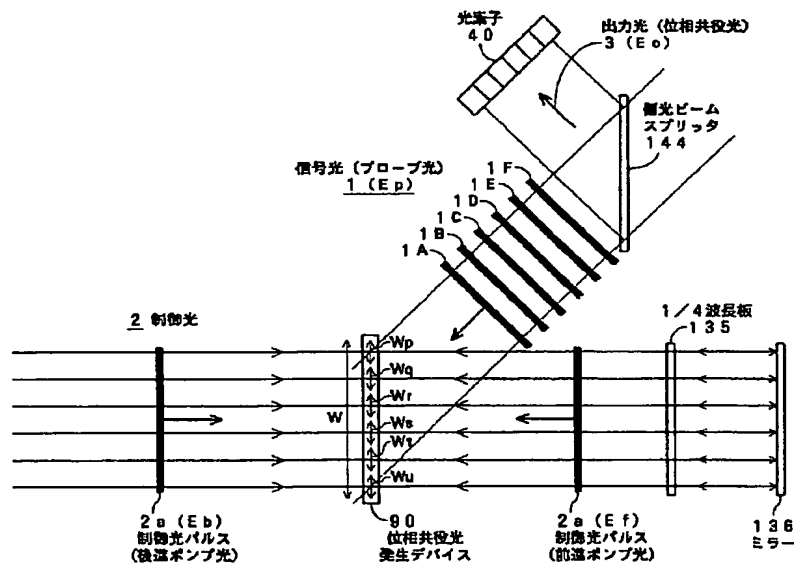
【図 5】



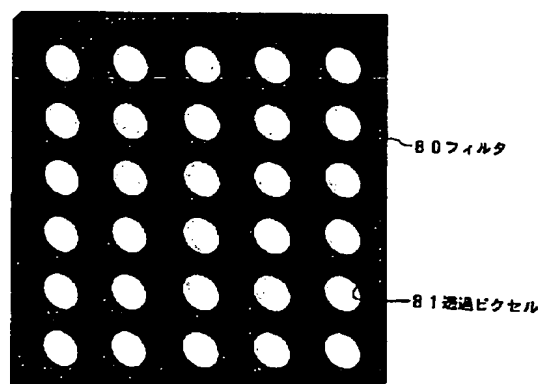
【図6】



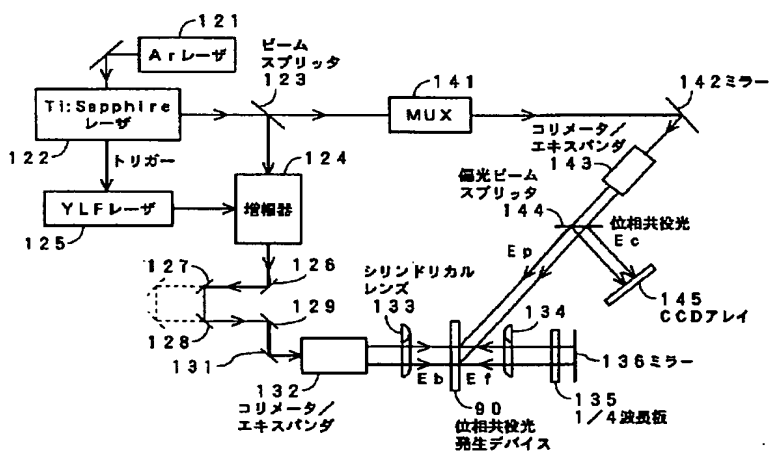
【図7】



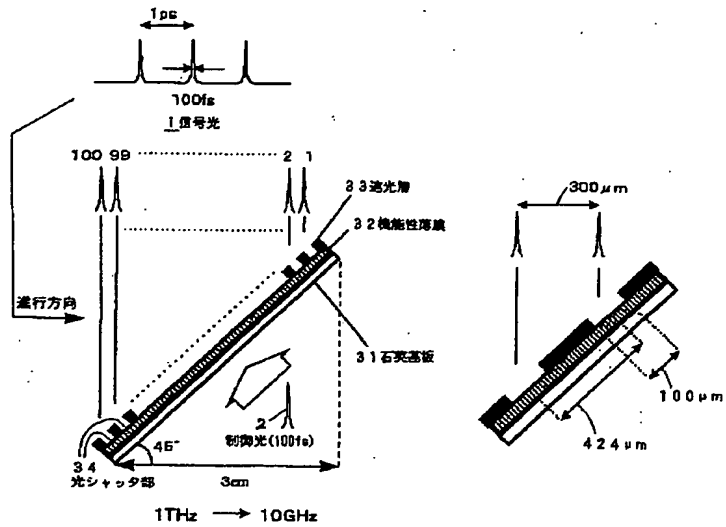
【図 19】



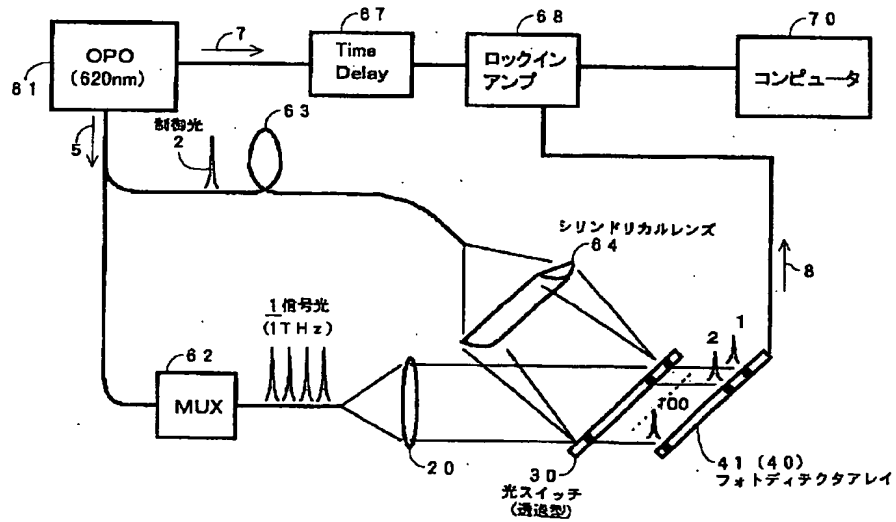
【图 1 1】



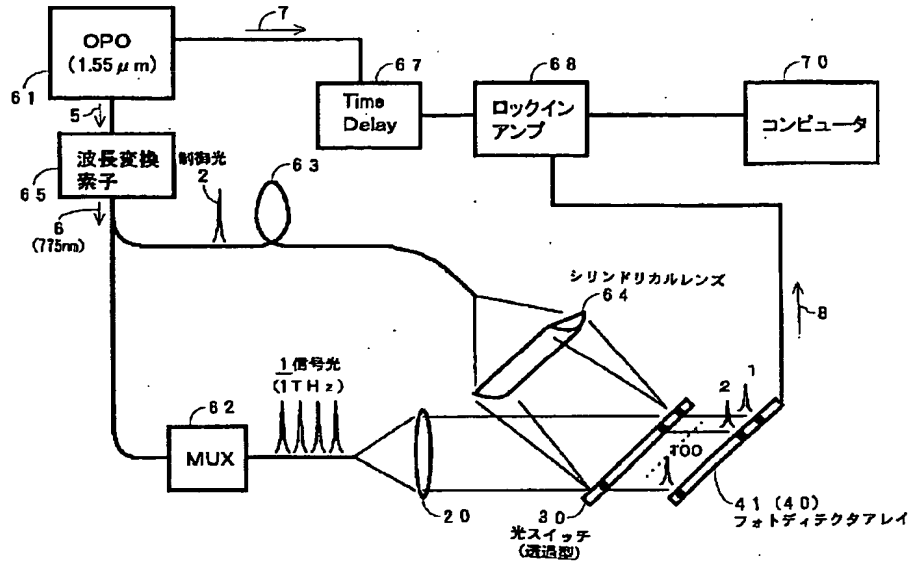
【図12】



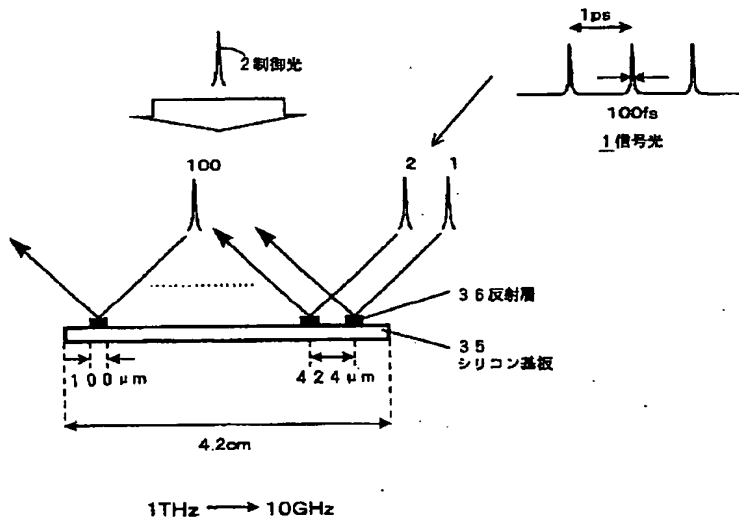
【図13】



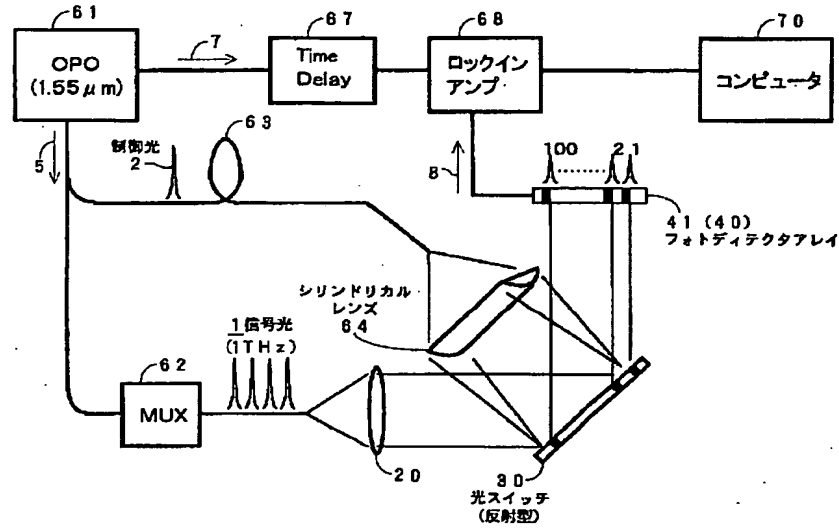
【圖 1 4】



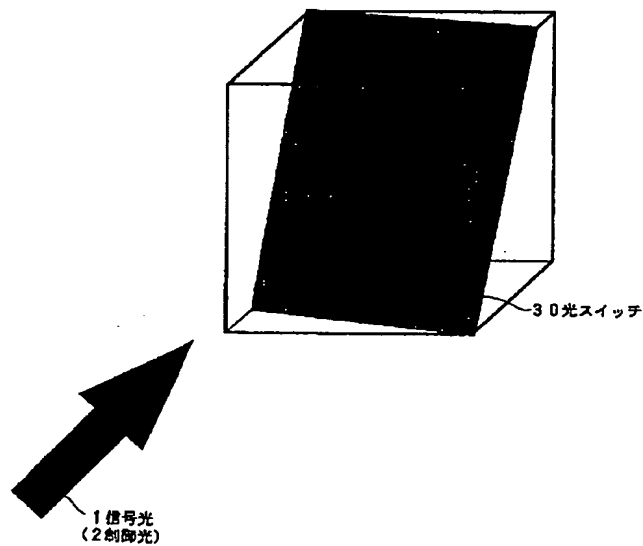
【図 15】



【図16】

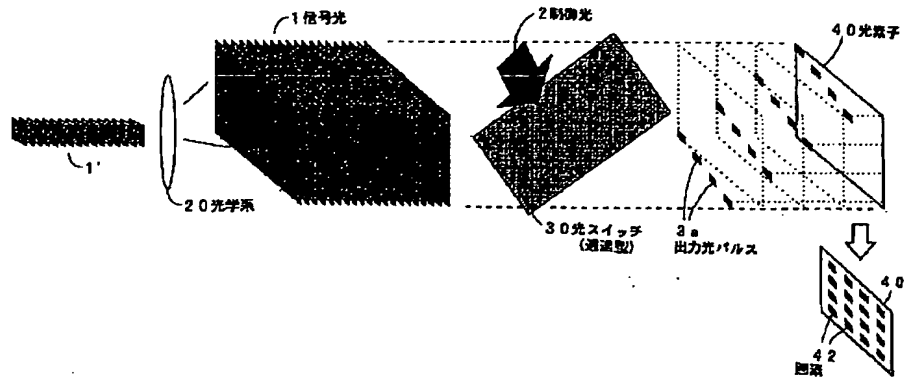


【図17】





【図18】



フロントページの続き

(72) 発明者 佐藤 康郊  
 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン  
 テクナカ い 富士ゼロックス株式会社内